

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 35 00 594 C 2

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
F 02 D 41/14  
F 02 D 41/22

21 Aktenzeichen: P 35 00 594.7-31  
22 Anmeldetag: 10. 1. 85  
43 Offenlegungstag: 17. 7. 86  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 17. 8. 95

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Böning, Bernward, Dr.-Ing., 7143 Vaihingen, DE;  
Bone, Rainer, 7143 Vaihingen, DE; Nagel, Rudolf,  
7144 Asperg, DE; Tuleweit, Wilfried, 7141  
Schwieberdingen, DE; Zeilinger, Bernhard, 7143  
Vaihingen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
DE-OS 23 28 459  
US 42 35 204  
Alexander Weinmann: Regelungen Analyse und  
technischer Entwurf Bd. 1, Springer-Verlag, Wien,  
New York 1983, S. 195-198;

54 Zumeßsystem für eine Brennkraftmaschine zur Beeinflussung des Betriebsgemisches

DE 35 00 594 C 2

DE 35 00 594 C 2

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Zumeßsystem für eine Brennkraftmaschine nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Aus der DE-PS 22 16 705 ( $\Delta$  US-PS 38 27 237  $\Delta$  R. 825) ist bereits eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zum Entgiften der Abgase einer Brennkraftmaschine, in deren Abgasleitung Reaktoren zur Oxydation und Reduktion in Reihenschaltung angeordnet sind, bekannt, bei dem mit einem Temperaturregelkreis die Reaktortemperatur und mit Hilfe eines Lambda-Regelkreises das Massenverhältnis von Luft zu Kraftstoff geregelt wird.

Mit diesem Verfahren wird einerseits ein schnelles Erreichen der Betriebstemperatur der Reaktoren im Warmlauf und andererseits ein sicheres Halten der Betriebstemperatur der Reaktoren auch bei niedrigen Außentemperaturen erreicht. Darüber hinaus soll dieses Verfahren einen möglichst geringen Kraftstoffverbrauch bei schadstoffarmen Abgasen gewährleisten.

Aus der US 4,235,204 ist ein Zumeßsystem bekannt, das mit je einer strömungsmäßig vor und hinter dem Katalysator angeordneten Sauerstoffsonde arbeitet. Die Signale beider Sonden beeinflussen über Regelfunktionen mit verschiedenen Zeitkonstanten die Gemischzusammensetzung, wobei das Signal der vorderen Sonde mit einer vergleichsweise kleinen Zeitkonstante verarbeitet wird und das Signal der hinteren Sonde mit einer vergleichsweise großen Zeitkonstante verarbeitet wird.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Zumeßsystem für Brennkraftmaschinen mit je einer Abgassonde vor und nach dem Katalysator weiter zu verbessern, so daß die Schadstoffemissionen der Brennkraftmaschine in allen Betriebsbereichen der Brennkraftmaschine solche Werte annehmen, die den heutigen und in naher Zukunft zu erwartenden gesetzlichen Auflagen gerecht werden oder dies noch übertreffen.

Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der beiden nebengeordneten Ansprüche 1 und 2 gelöst.

## Vorteile der Erfindung

Mit dem erfindungsgemäßen Zumeßsystem für eine Brennkraftmaschine läßt sich die Schadstoffemission einer Brennkraftmaschine bei der Vielzahl der vorkommenden Betriebsbedingungen enorm reduzieren. Durch die Verwendung von zwei Abgasmeßsonden vor und hinter dem Abgaskatalysator und einer Verarbeitung der Abgasmeßsonden-Signale durch Regelalgorithmen verschiedener Regelzeitkonstanten ergibt sich eine hohe Regelfrequenz und eine derartige Regelamplitude, daß darüber hinaus auch ein optimaler Konvertierungsgrad des Katalysators gewährleistet ist.

Mit der Anordnung der zweiten Abgasmeßsonde hinter dem Abgaskatalysator ist eine Mehrfachausnutzung des SONDENSIGNALS dieser Abgasmeßsonde möglich. Anhand dieses Signals ergibt sich in vorteilhafter Weise eine Überwachungsmöglichkeit der Funktionsweise des Katalysators.

Weitere Vorteile der Erfindung und zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich in Verbindung mit den Unteransprüchen aus der nachfolgenden Beschreibung des Ausführungsbeispiels.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Schadstoffkonzentration im Abgas mit und ohne katalytische Abgasnachbehandlung in Abhängigkeit von der Luftzahl Lambda

- a) Emission von  $O_2$  vor und nach dem Katalysator
- b) Emissionen von HC vor und nach dem Katalysator
- c) Emission von  $NO_x$  vor und nach dem Katalysator
- d) Emission von CO vor und nach dem Katalysator
- e) Anschnittvergrößerung der  $O_2$ -Emission nach Katalysator
- f) Anschnittvergrößerung der HC-Emission nach Katalysator
- g) Anschnittvergrößerung der  $NO_x$ -Emission nach Katalysator
- h) Anschnittvergrößerung der CO-Emission nach Katalysator,

Fig. 2 einen Ausschnitt aus dem zeitlichen Verhalten einer in einem Kraftfahrzeug eingebauten Brennkraftmaschine

- a) Geschwindigkeit des Kraftfahrzeuges
- b) Drehzahl der Brennkraftmaschine
- c) zugeleitete Kraftstoffmenge
- d) Sauerstoffgehalt im Abgas vor dem Katalysator
- e) Luftzahl Lambda (berechnet) vor dem Katalysator
- f) Sauerstoffgehalt im Abgas nach dem Katalysator
- g) Luftzahl Lambda (berechnet) nach dem Katalysator,

Fig. 3 ein Zeitdiagramm der Drehzahl der Brennkraftmaschine, der Lambda-Sonden-Spannung vor dem Katalysator sowie der Lambda-Sonden-Spannung nach dem Katalysator,

Fig. 4 ein Blockschaltbild der einzigen Ausführungsform,

Fig. 5 ein Flußdiagramm zur Erläuterung der Funktionsweise der Ausführungsform der Fig. 4.

## Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Durch geeignete Nachbehandlung der Abgase der Brennkraftmaschine kann der Schadstoffanteil erheblich verringert werden. Ein Verfahren zur Verminderung der Schadstoffe im Abgas besteht in der Verwendung eines Abgaskatalysators nach dem Einbettverfahren, bei dem alle drei Schadstoffkomponenten — Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (CH) und Stickoxide ( $NO_x$ ) — in hohem Maß abgebaut werden. Voraussetzung für dieses Verfahren ist, daß die Brennkraftmaschine ausreichend exakt mit einem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Gemisch betrieben wird. Bei einer solchen Gemischzusammensetzung wird ein Optimum zwischen den Größen Schadstoffemission, Kraftstoffverbrauch und Fahrverhalten erreicht.

Die zulässige Variation des Lambda-Wertes für den optimalen Abbau der drei Schadstoffkomponenten ist dabei derart gering, daß aus Gründen der Genauigkeit anstelle einer gesteuerten Gemischzumessung ein geschlossener Regelkreis erforderlich wird. Als Meßfühler für einen derartigen Regelkreis können verschiedene

Abgasmeßsonden, beispielsweise Sauerstoffsonden (Lambda-Sonden), CO-Sonden oder auch NO<sub>x</sub>-Sonden eingesetzt werden.

In den Diagrammen der Fig. 1a, b, c, d ist die Konzentration der drei genannten Schadstoffkomponenten und die O<sub>2</sub>-Konzentration in Abhängigkeit von der Luftzahl Lambda aufgetragen. Dabei sind jeweils die Emissionswerte vor dem Katalysator und nach dem Katalysator in den einzelnen Diagrammen miteinander verglichen. Es ist zu erkennen, daß ein Minimum an Schadstoffemission dann auftritt, wenn die Luftzahl Lambda einen Wert annimmt, der innerhalb eines Bereiches in der näheren Umgebung von Lambda = 1,0 liegt. Die Breite dieses Bereiches, für den der Katalysator seine optimale Wirkung entfaltet, erstreckt sich von ca. Lambda = 0,998 bis Lambda = 1,000, was durch die Ausschnittsvergrößerungen der Fig. 1f, g, h veranschaulicht wird. Will man mittels eines Regelkreises ein Verlassen dieses "Katalysatorfensters" vermeiden, so sind an den Regelkreis hohe Anforderungen bezüglich Regelgenauigkeit sowie Regelgeschwindigkeit zu stellen. Die Anforderungen an die Regelgenauigkeit ergeben sich aus der geringen Breite des Katalysatorfensters von ca. 2‰ (bezogen auf Lambda = 1), die Anforderungen an die Regelgeschwindigkeit sind zum einen durch die Laufzeiten des Luft-Kraftstoff-Gemisches vom Gemischbildner durch die Brennkraftmaschine hin zur Abgasmeßsonde und zum anderen durch die stationären Betriebszustände der Brennkraftmaschine, wie sie im praktischen Betrieb auftreten, gegeben.

Herkömmliche Konzepte zur Regelung der Zusammensetzung des Betriebsgemisches mittels einer Abgasmeßsonde — wie sie beispielsweise in der eingangs erwähnten Patentschrift beschrieben sind — gelangen insbesondere bei schnellen dynamischen Änderungen der Betriebsparameter der Brennkraftmaschine an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit. Insbesondere bei sehr raschen Lastwechselvorgängen sind diese Regelungen nicht mehr in der Lage, das Luft-Kraftstoff-Gemisch auf Werte im Bereich des "Katalysatorfensters" zu regeln, so daß eine erhöhte Abgasemission auftritt.

Anhand von Fig. 2 sollen die auftretenden Probleme mittels experimentell ermittelter Fahrkurven verdeutlicht werden. Die verwendete Brennkraftmaschine weist einen herkömmlichen Lambda-Regelkreis mit einer Abgasmeßsonde auf, wobei die zweite Abgasmeßsonde lediglich für Meßzwecke eingesetzt wird. In Fig. 2a, b, c sind in dieser Reihenfolge die Geschwindigkeit  $v$  eines Kraftfahrzeuges, die Drehzahl  $n$  der Brennkraftmaschine sowie die der Brennkraftmaschine zugeleitete Kraftstoffmenge  $Q_K$  in Abhängigkeit von der Zeit  $t$  aufgetragen. Diese Betriebskenngrößen zeigen das typische Verhalten, wie es im Leerlauf, beim Hochschalten, bei Lastwechsel und im Schubbetrieb auftritt.

In Fig. 2d ist der Sauerstoffgehalt im Abgas vor dem nachgeschalteten Katalysator aufgetragen. Vor allem in den Fällen, in denen die Kraftstoffzufuhr unterbrochen ist, steigt der Sauerstoffgehalt im Abgas auf sehr hohe Werte an, zum Teil wesentlich höher als in diesen Diagrammen dargestellt (begrenzter Meßbereich). Dies ist dadurch zu erklären, daß auch im Falle einer Kraftstoffzumessung  $Q_K = 0$  immer noch Luft von der Brennkraftmaschine angesaugt wird und unverbrannt in das Abgassystem gelangt. Der berechnete Verlauf der Luftzahl Lambda, wie er sich in Fig. 2e darstellt, weist ein ähnliches Verhalten auf, wobei die Spitzen für Luftzahlwerte Lambda < 1 auf Anreicherungen im Beschleunigungsfall bzw. nach dem Schiebetrieb zurückzuführen

sind. Charakteristisch für die Kurven der Fig. 2d, e ist eine dem Signalmittelwert überlagerte Regelschwingung (mit einer auf Lambda = 1 bezogenen Amplitude von einigen Prozent), die auf das Zusammenwirken der PI-Charakteristik der Luftzahl-Regelung und der Gaslaufzeiten durch die Brennkraftmaschine zurückzuführen ist.

In Fig. 2f, g ist der experimentell ermittelte Sauerstoff-Anteil im Abgas nach dem Katalysator sowie der zugehörige berechnete Lambda-Wert über der Zeit aufgetragen. Aus Fig. 2f ist zum einen ersichtlich, daß der Katalysator die Amplitude der Sauerstoffspitzen verringert und daß zum anderen der mittlere Sauerstoffanteil vor dem Katalysator von ca. 1% (Fig. 2d) nahezu exakt auf Null reduziert wird. Entsprechend wird natürlich auch der berechnete Lambda-Wert gemäß Fig. 2g modifiziert.

Der wesentliche, von der Erfindung ausgenutzte Unterschied zwischen den Diagrammen 2d, e und 2f, g liegt jedoch darin begründet, daß die dem mittleren Lambda-Wert bzw. Sauerstoffgehalt überlagerte Regelschwingung durch den Katalysator nahezu vollständig gedämpft bzw. weggemittelt wird, solange der Lambda-Wert des Luft-Kraftstoff-Gemisches im "Katalysatorfenster" liegt. Dies ist gemäß Fig. 2 immer dann der Fall, wenn stationäre bzw. quasistationäre Betriebsbedingungen vorliegen. Zur Klarstellung sei an dieser Stelle nochmals betont, daß die in Fig. 2 dargestellten Zusammenhänge auf Untersuchungen an einer Brennkraftmaschine zurückgehen, die mit einem herkömmlichen Abgasregelsystem mit einer einzigen Lambda-Sonde vor dem Katalysator ausgerüstet ist.

Fig. 3 zeigt die Ausgangssignale von zwei Lambda-Sonden, die vor bzw. hinter den Katalysator eingebaut wurden und die zugehörige Drehzahl der Brennkraftmaschine. Auch hier dient die hinter dem Katalysator eingebaute Lambda-Sonde lediglich zu Meßzwecken, während die vor dem Katalysator angeordnete Lambda-Sonde in bekannter Weise die Eingangssignale für den Abgasregelkreis liefert. Die Meßergebnisse der Fig. 3 liefern eine direkte experimentelle Bestätigung für die Aussage, daß der Katalysator die Regelschwingung des Lambda-Wertes sehr stark dämpft, wenn der mittlere Lambda-Wert des Gemisches im "Katalysatorfenster" liegt. Dies ist in Fig. 3 wiederum dann der Fall, wenn quasistationäre Betriebsbedingungen vorliegen. Für stark dynamische Änderungen der Betriebsparameter einer Brennkraftmaschine, wie sie im ersten Drittel des aufgetragenen Zeitintervalls vorliegen, wird das "Katalysatorfenster" vorübergehend verlassen, so daß die Regelschwingung nach dem Katalysator zwar zeitlich verschoben, aber mit etwa gleicher Amplitude auftritt.

Dieses Verhalten der Luftzahl Lambda nach dem Katalysator läßt sich in vorteilhafter Weise für Regelzwecke, insbesondere zur Unterdrückung von Langzeitdriften bzw. zur Adaption von Vorsteuerwerten der Luftzahl Lambda einsetzen. Mit der Anordnung von jeweils einer Abgasmeßsonde vor und hinter dem Katalysator und einer Regelung des Betriebsgemisches mittels der Ausgangssignale beider Abgasmeßsonden wird nicht nur eine Verbesserung der Regeleigenschaften erreicht, sondern es besteht auch die Möglichkeit, die Funktionsweise des Katalysators zu überwachen. Die Signale der zweiten Abgasmeßsonde weisen nicht nur dann eine zu den Signalen der ersten Abgasmeßsonde vergleichbare Regelschwingung auf, wenn das "Katalysatorfenster" verlassen wird, sondern natürlich auch dann, wenn der

Katalysator funktionsuntüchtig ist. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn er noch nicht seine Betriebstemperatur erreicht hat oder wenn er durch die Verwendung von verbleitem Kraftstoff vergiftet ist. Eine einfache Meßanordnung zur Funktionsüberwachung und Ausfallerkennung der Katalysatoren vergleicht die Schwingamplituden der beiden Abgasmeßsensordesignale und mittelt diese über einen längeren Zeitraum. Dies ist wie bereits erläutert insbesondere bei hochdynamischen Vorgängen notwendig, da dann das "Katalysatorfenster" verlassen werden kann. Eine exakte Aussage über die Funktion des Katalysators ist daher erst nach einer längeren Mittelwertbildung der Meßwerte möglich. Nimmt die mittlere Amplitude der LambdSchwingung hinter dem Katalysator wesentlich kleinere Werte als vor dem Katalysator an, so handelt es sich um einen aktiven, funktionstüchtigen Katalysator. Liegen beide mittleren Schwingamplituden in der gleichen Größenordnung, so ist der Katalysator defekt, hat seine Betriebstemperatur noch nicht erreicht oder das "Katalysatorfenster" wurde über längere Zeit verlassen. Natürlich sind zwischen diesen beiden Extremfällen auch differenzierte Aussagen über den Konvertierungsgrad des Katalysators möglich. Ebenso sind auch aufwendigere Auswerteverfahren, beispielsweise eine Kurzzeit-Kreuzkorrelationsanalyse einsetzbar. Auch für den Werkstattbetrieb, also als nicht fest im Kraftfahrzeug eingebautes System, läßt sich diese Anordnung mit jeweils einer Abgasmeßsonde vor und hinter dem Katalysator zur Funktionsüberwachung des Katalysators vorteilhaft einsetzen.

Anhand von Fig. 4 soll eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Zumeßsystems näher erläutert werden. Mit 10 ist eine Brennkraftmaschine bezeichnet, der über einen Einlaßkanal 11 die zur Verbrennung des Kraftstoffs erforderliche Luftmenge zugeführt wird. Im Einlaßkanal 11 ist ein luftmengenmessendes System 12 zur Erfassung der angesaugten Luftmenge  $Q_L$  sowie eine Drosselklappe 13 angebracht. Die Drosselklappe 13 wird über ein Fahrpedal 14 vom Fahrer des mit der Brennkraftmaschine ausgerüsteten Kraftfahrzeugs betätigt. Dabei wird die Stellung  $\alpha$  der Drosselklappe 13 bzw. des Fahrpedals 14 von einem nicht dargestellten Sensor erfaßt. Das luftmengenmessende System 12 wird von einem Bypass 15 überbrückt, dessen Querschnitt durch ein Stellglied 16 veränderbar ist. Ein weiteres Stellglied 17 mißt der Brennkraftmaschine die für eine optimale Verbrennung erforderliche Kraftstoffmenge  $Q_K$  zu. Das Stellglied 17 kann dabei als Vergaser, intermittierendes oder kontinuierliches Einspritzsystem, Einzelzylinder- oder auch Saugrohreinspritzsystem ausgebildet sein.

Das Abgas der Brennkraftmaschine gelangt durch einen Abgaskanal 18 und einen im Abgaskanal 18 angeordneten Katalysator 19 ins Freie. Eine erste Abgasmeßsonde 20 ist in Strömungsrichtung gesehen vor dem Katalysator 19 und eine zweite Abgassonde 21 nach dem Katalysator 19 in den Abgaskanal 18 der Brennkraftmaschine 10 eingebracht.

Ein elektronisches Steuergerät 22 weist die Komponenten Zentraleinheit (CPU) 23, Speicher (RAM) 24, Festwertspeicher (ROM) 25, nicht flüchtige Speicher (EEPROM) 26, eine Zeitbasis (Timer) 27 und Ein-/Ausgabeeinheiten (I/O) 28, 29, 30, 31 auf. Die genannten Blöcke 23 bis 31 sind über einen Adreß- und Datenbus 32 miteinander verbunden. Die Anzahl und Anordnung der Ein-/Ausgabeeinheiten 28, 29, 30, 31 kann sich von Fall zu Fall ändern und wurde in Fig. 4 durch die Darstel-

lungsform bestimmt.

Der Ein-/Ausgabeeinheit 28 werden als Eingangsgrößen verschiedene Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine, insbesondere die Temperatur  $\theta$ , die Drehzahl  $n$ , die Bezugsmarke (OT) für den oberen Totpunkt, die Drosselklappenstellung  $\alpha$ , eine Information über die angesaugte Luftmenge bzw. -masse  $Q_L$  sowie die Ausgangssignale  $\Lambda_{\lambda 1}$  der ersten Abgassonde 20 und  $\Lambda_{\lambda 2}$  der zweiten Abgasmeßsonde 21 zugeführt. Das dargestellte Ausführungsbeispiel bezieht sich insbesondere auf Sauerstoffmeßsonden, die auf den Sauerstoffgehalt im Abgas empfindlich sind und eine direkte Information über die Luftzahl  $\Lambda$  liefert. Natürlich kann es sich in speziellen Anwendungsfällen als vorteilhaft erweisen, anstelle von Sauerstoffmeßsonden andere Abgasmeßsonden, beispielsweise  $\text{NO}_x$ - oder CO-Meßsonden einzusetzen. Die Erfindung ist nicht beschränkt auf die Messung einer speziellen Abgaskomponente. Auch die spezielle Aufzählung der der Ein-/Ausgabeeinheit 28 zugeführten Betriebskenngrößen kann von Fall zu Fall variiert werden. Wichtig ist alleine, daß die Signale zweier vor und hinter dem Katalysator 19 angeordnete Abgasmeßsonden 20, 21 im elektronischen Steuergerät 22 zur Auswertung und Regelung des Betriebsgemisches herangezogen werden.

Die Ein-/Ausgabeeinheit 29 liefert Signale zur Ansteuerung des Stellgliedes 17 für die Kraftstoffzumesung sowie des Stellgliedes 16 für den Luft-Bypass 15. Die Ein-/Ausgabeeinheit 30 dient zur Darstellung von Informationen über den Funktionszustand des Katalysators 19. Diese Informationen können beispielsweise dafür genutzt werden, dem Fahrer mitzuteilen, eine Werkstatt aufzusuchen oder gezielt eine Verschlechterung des Fahrverhaltens der Brennkraftmaschine herbeizuführen, damit der Fahrer nachdrücklich angehalten wird, eine Werkstatt aufzusuchen. Die Ein-/Ausgabeeinheit 31 dient zur Ausgabe weiterer Steuergrößen, beispielsweise zur Steuerung der Zündung 33 oder auch für eine automatische Getriebesteuerung und ähnliches.

Die weiteren Komponenten CPU 23, RAM 24, ROM 25, EEPROM 26 und die Zeitbasis 27 sind für sich bekannt und werden in dieser oder ähnlicher Kombination nahezu in jedem Mikrocomputer eingesetzt. Insbesondere wird das EEPROM 26 zur Speicherung adaptiver Kennfelder beispielsweise zur Vorsteuerung des Betriebsgemisches oder von Regelparametern, beispielsweise die P-, I-Anteile, die Einfluß auf Amplitude und Frequenz der Regelalgorithmen haben, eingesetzt. Ein Flußdiagramm zur Erläuterung des Programmablaufs in dem elektronischen Steuergerät 22 ist beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung P 34 03 395.5 (R. 19179) offenbart, die als Referenz herangezogen werden kann.

Anhand des in Fig. 5 dargestellten Flußdiagramms soll die spezielle Funktionsweise des Programms für das erfindungsgemäße Zumeßsystem dargestellt werden. Die folgenden Erläuterungen sind mit Bezugsziffern versehen, die sich auf die jeweiligen Blöcke der Fig. 5 beziehen:

- 51 Die Grundeinspritzzeit wird aus den üblichen Meßgrößen und Vorsteuer-Kennfeldern errechnet.
- 52 Von beiden Sonden sind die Amplituden einzulesen.
- 53 Ausfallerkennung für beide Sonden.
- 54 Wenn Sonde 20 (die Sonde am Motor, vor Katalysator) ausgefallen ist, wird dies angezeigt, das Fahrverhalten kann verschlechtert werden (z. B. durch Magerbetrieb, 67) und die so modifizierte

Einspritzzeit wird ausgegeben. Keine Lambda-Regelung.

55 Wenn nur Sonde 21 (Sonde hinter Katalysator) ausgefallen ist, wird dies ebenfalls angezeigt (64). Eine Verschlechterung des Fahrverhaltens darf dann nicht über den Magerbetrieb erfolgen, sondern z. B. über Spätzündung (65), so daß die innere, schnelle Lambda-Regelung (63) weiter aktiv bleiben kann.

56 Durch einen Vergleich der SONDENSIGNALE, bzw. 10 Signal-Verläufe, kann der Katalysator überwacht werden.

57 Wenn der Katalysator defekt ist, erfolgt die Anzeige (66). Die Verschlechterung des Fahrverhaltens kann wieder über Magerbetrieb erfolgen, da die Lambda-Regelung bei defektem Katalysator umgangen werden kann. (Hinsichtlich Temperaturbelastung für Auspuff und Magerbetrieb unkritischer als Spätzündung.) 15

58 Auswertung des Zeitverlaufs bedeutet u. a.: Ermittlung der Schwingamplitude im SONDENSIGNAL, Mittelwert des SONDENSIGNALS. 20

59 Für die Festlegung der "optimalen" Lage (beinhaltet Mittelwert, Schwingamplitude, Schwingfrequenz) müssen Sollwerte oder Toleranzwerte im Programm (Kennfeld) abgelegt sein. 25

60 In bestimmten Fällen ist die Adaption nicht zulässig: z. B. während des Warmlaufs, während der Schaltvorgänge, bei sehr hohen Drehzahl- oder Last-Änderungen. 30

61 Die Lernstrategie kann nach allgemein üblichen Verfahren ablaufen. Da so lange gelernt werden muß, bis die optimale Lage im Katalysatorfenster eingehalten wird, liegt hier ein Regelvorgang vor. Die Begriffe "langsamer Lambda-Regler" und "Lernstrategie" sind also weitgehend gleichwertig. 35

62 Verschiedene Parameter-Adaptionen sind möglich. Zwei Beispiele:

a) Stimmt der Mittelwert des SONDENSIGNALS nicht mit der optimalen Lage im Katalysatorfenster überein, kann das Vorsteuer-Kennfeld für den Lambda-Mittelwert verändert werden. 40

b) Ist die Schwingamplitude zu hoch, kann z. B. der Proportional-Anteil des schnellen Lambda-Reglers verändert werden. 45

63 Üblicher Lambda-Regler.

Die auf den beiden Ausgangssignalen der Abgasmeßsonden beruhende Regelung kann insbesondere auf unterschiedliche Regelzeitkonstanten ausgelegt werden, beispielsweise derart, daß die Ausgangssignale der Abgasmeßsonde 20 in einem schnellen Regelkreis und die Ausgangssignale der Abgasmeßsonde 21 in einem langsameren Regelkreis verarbeitet werden. Dabei ist der langsame Regelkreis dem schnellen Regelkreis schaltungsmäßig überlagert. Als vorteilhaft hat sich erwiesen, daß die Abgasmeßsonde 20 sehr dicht am Motor angebracht werden kann, was zu einer sehr kurzen Gaslaufzeit und einer damit verbundenen geringen Amplitude der resultierenden Grenzschnwingung führt. Als zweckmäßig hat sich auch erwiesen, daß das Ausgangssignal der Abgasmeßsonde 21 über die Regelfunktion die Lambda-Verschiebung steuert, die allein oder zusätzlich zu den üblicherweise verwendeten Kennfeldern wirken kann. 50 55 60

Der Sollwert für die Luftzahl Lambda kann als Kennfeld vorgegeben sein. Über dieses Kennfeld läßt sich die optimale Lage im "Katalysatorfenster" für jeden Be-

triebspunkt beispielsweise in physikalischen Größen (Ausgangsspannung der Sondenkennlinie der Abgassonde) darstellen.

Der Gegenstand der Erfindung ist nicht auf das vorliegende Ausführungsbeispiel begrenzt, sondern läßt sich in sämtlichen elektronischen Steuersystemen für die Zumessung des Betriebsgemisches einsetzen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung der Zusammensetzung des Kraftstoff/-Luftgemisches für eine Brennkraftmaschine mit einem Katalysator und je einer strömungsmäßig vor und hinter dem Katalysator angeordneten Sauerstoffsonde, deren Signale als Maß für die Gemischzusammensetzung über Regelfunktionen mit verschiedenen Zeitkonstanten die Gemischzusammensetzung beeinflussen, wobei das Signal der vorderen Sonde mit einer vergleichsweise kleinen Zeitkonstante in einer Regelfunktion verarbeitet wird, die wenigstens PI-Charakteristik aufweist und wobei das Signal der hinteren Sonde mit einer vergleichsweise großen Zeitkonstante die Verarbeitung des Signals der vorderen Sonde beeinflusst, dadurch gekennzeichnet, daß der Einfluß der hinteren Sonde für Änderungen wenigstens eines der Parameter P-Anteil oder I-Anteil der Regelfunktion dient, mit welcher das Signal der vorderen Sonde verarbeitet wird.

2. Verfahren zur Regelung der Zusammensetzung des Kraftstoffluftgemisches für eine Brennkraftmaschine mit einem Katalysator und je einer strömungsmäßig vor und hinter dem Katalysator angeordneten Sauerstoffsonde, deren Signale als Maß für die Gemischzusammensetzung über Regelfunktionen mit verschiedenen Zeitkonstanten die Gemischzusammensetzung beeinflussen, wobei das Signal der vorderen Sonde mit einer vergleichsweise kleinen Zeitkonstante in einer Regelfunktion verarbeitet wird, die wenigstens PI-Charakteristik aufweist und wobei das Signal der hinteren Sonde mit einer vergleichsweise großen Zeitkonstante die Verarbeitung des Signals der vorderen Sonde beeinflusst, dadurch gekennzeichnet, daß das Signal der hinteren Abgassonde in dem Sinne mehrfach genutzt wird, daß es neben der Beeinflussung der Verarbeitung des Signals der vorderen Sonde auch zusätzlich zur Überwachung der Konvertierungsfähigkeit des Katalysators verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Verwendung von  $\lambda = 1$  Sonden als Sauerstoffsonden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal der zweiten Sauerstoffsonde zur exakten Einregelung des Betriebsgemisches auf Lambdawerte, die im Katalysatorfenster ( $0,998 \leq \lambda \leq 1,000$ ) liegen, herangezogen wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelfunktion basierend auf den Ausgangssignalen der zweiten Abgasmeßsonde (21) Kennfeldlernverfahren für Regelparameter, die Einfluß auf die Amplitude und/oder die Frequenz der Regelfunktionen haben, beinhaltet.

6. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß für die zusätzliche Überwachung der Konvertierungsfähigkeit des Katalysators die Aus-

gangssignale der beiden Abgasmeßsonden (20, 21) hinsichtlich der Amplitude der Regelschwingung ausgewertet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangssignale der beiden Abgasmeßsonden (20, 21) gemittelt werden. 5

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle des Vorliegens ca. gleich großer Regelschwingungsamplituden vor und hinter dem Katalysator (19) eine Warn- 10 einrichtung betätigt wird.

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

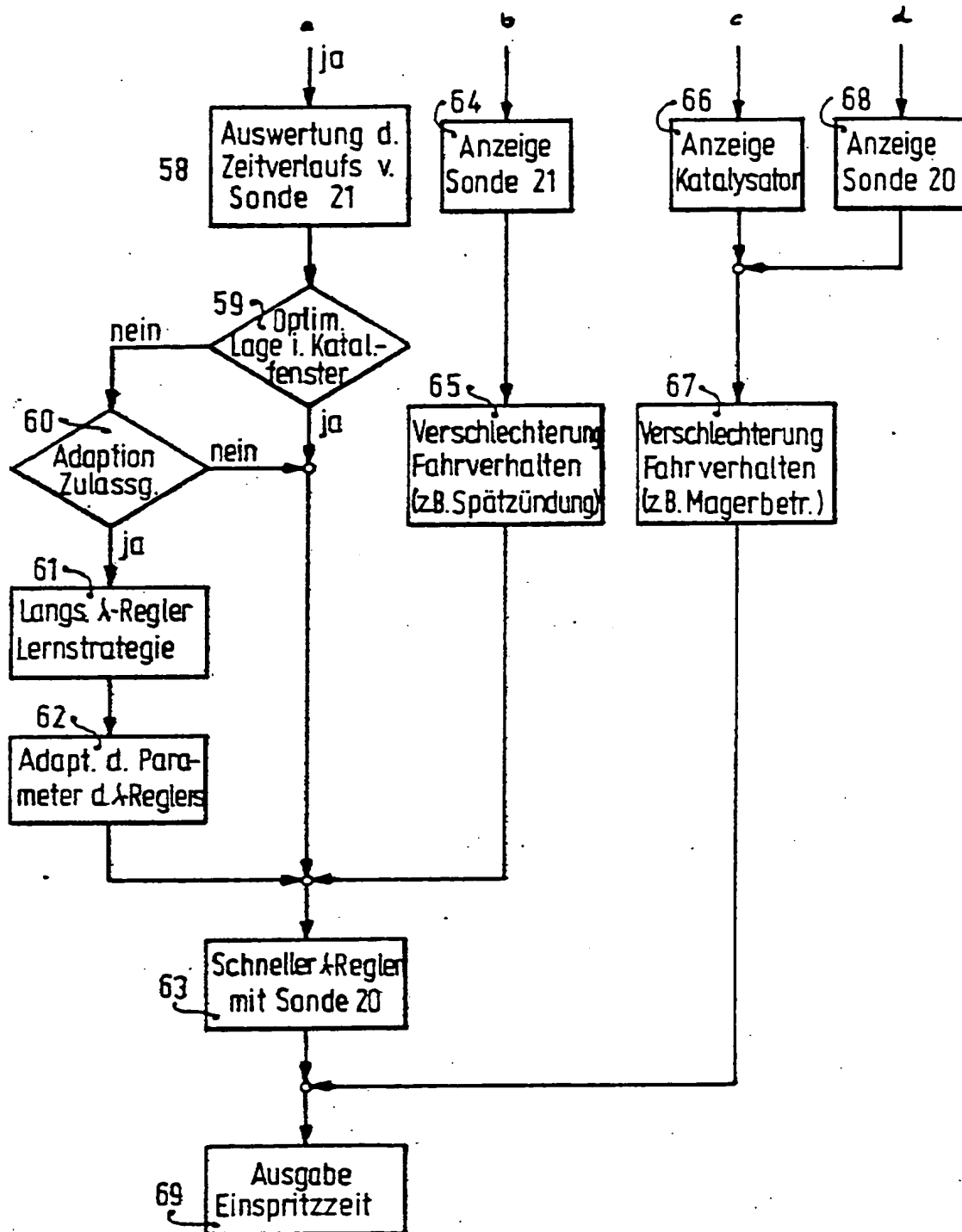
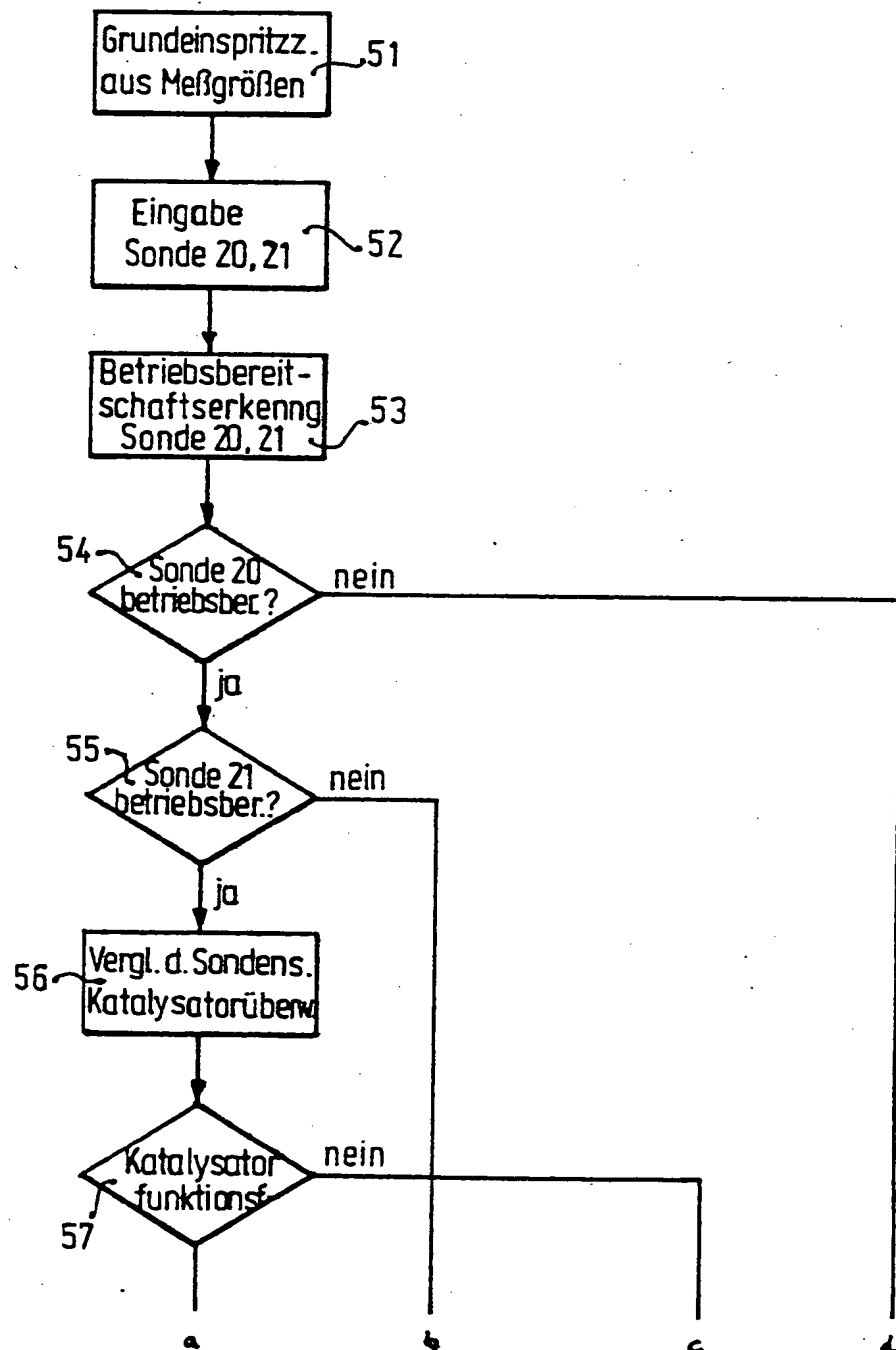


Fig. 5

Fig. 5





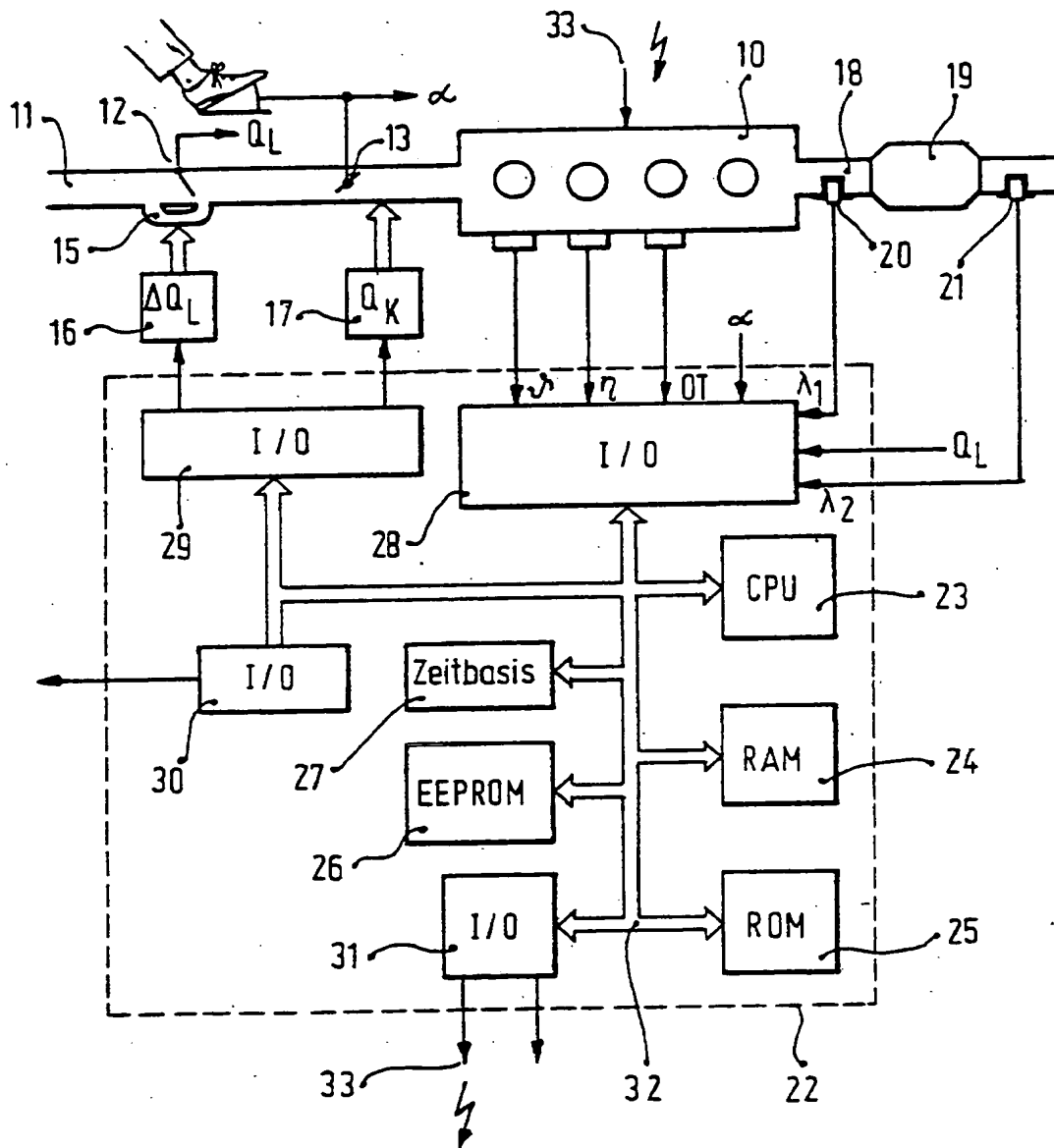


Fig. 4

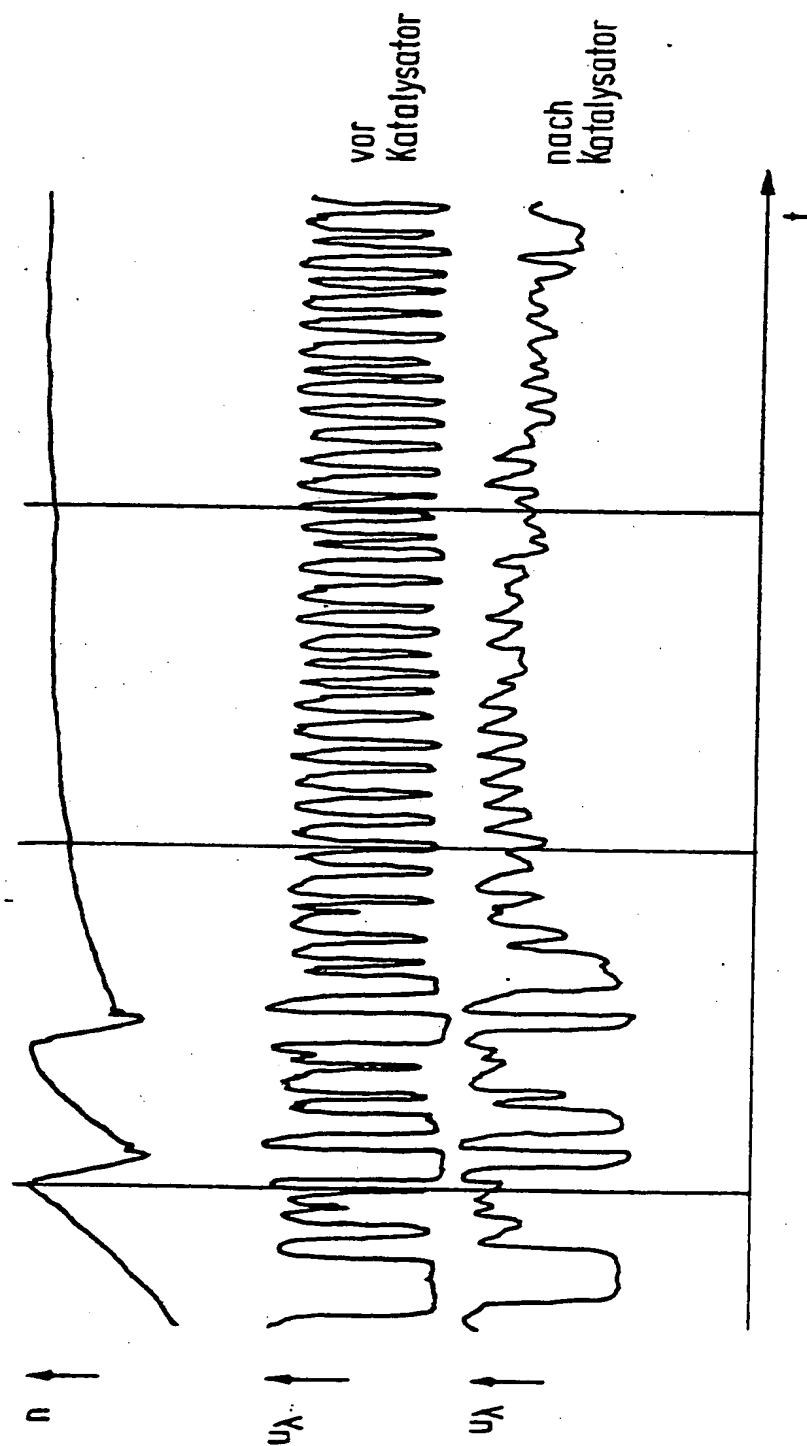


Fig. 3

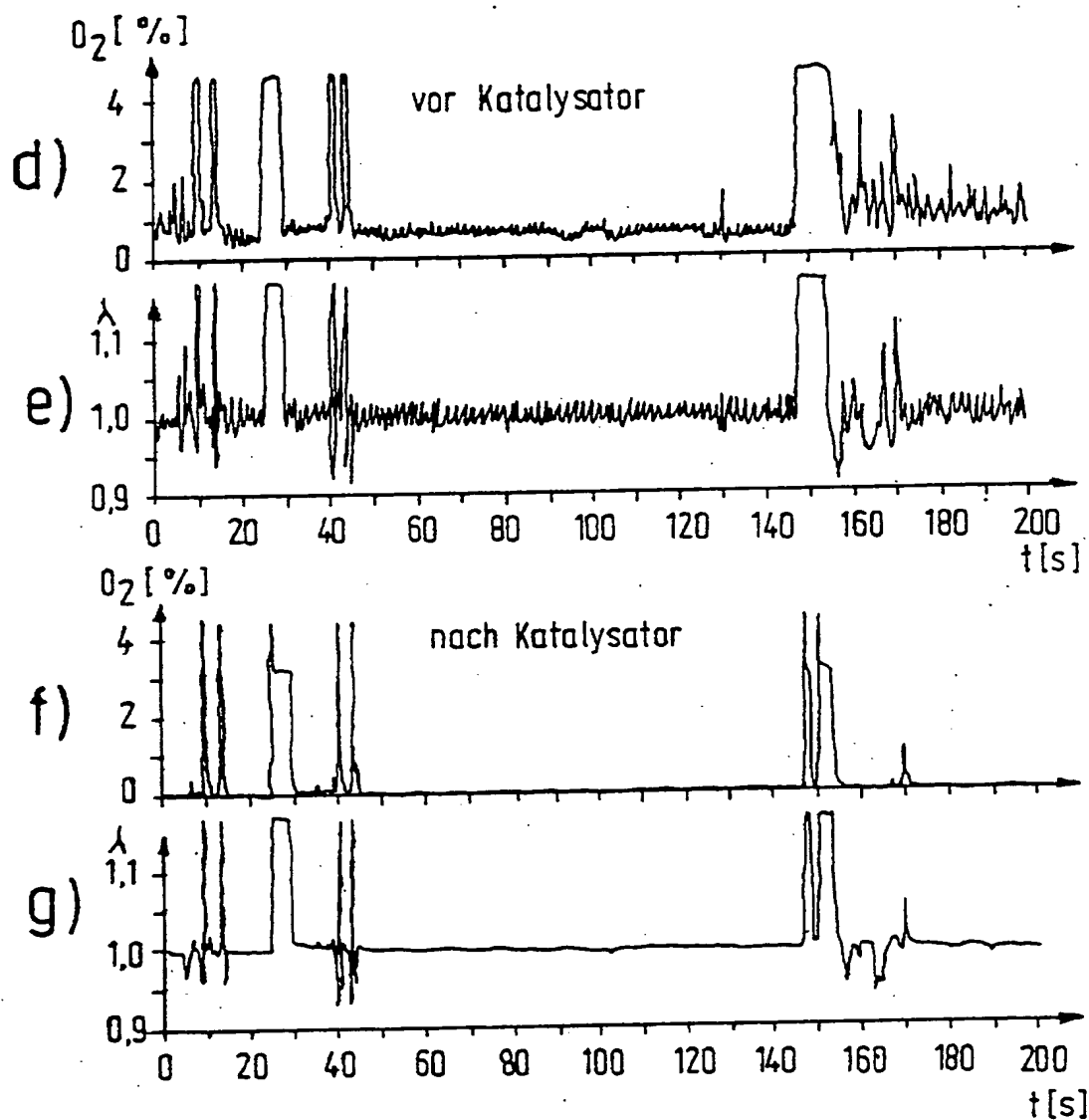


Fig. 2

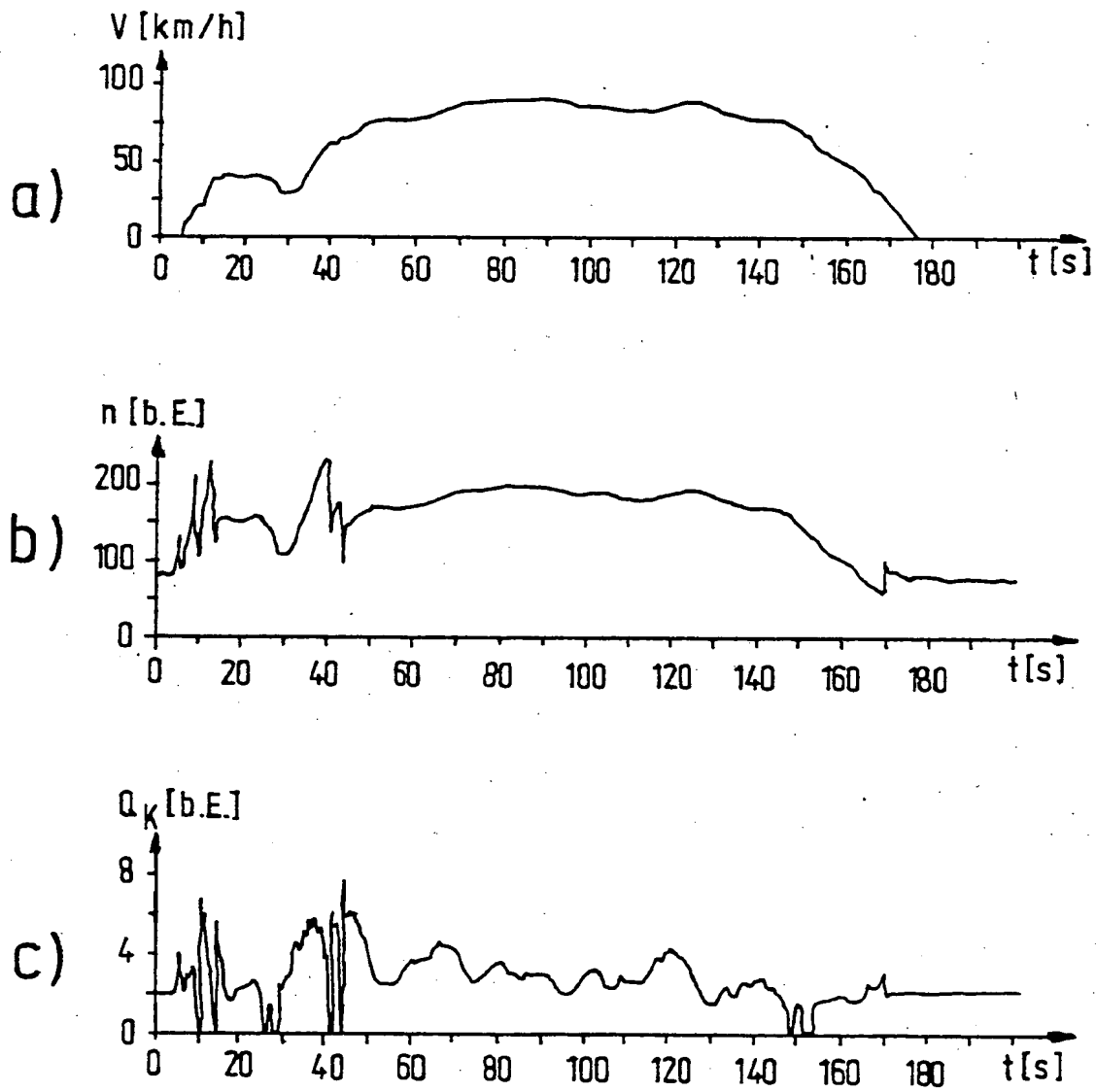
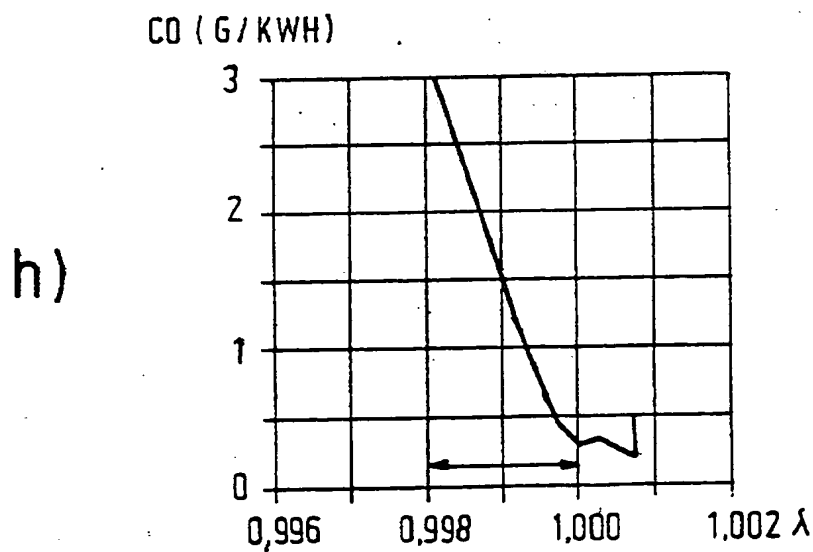
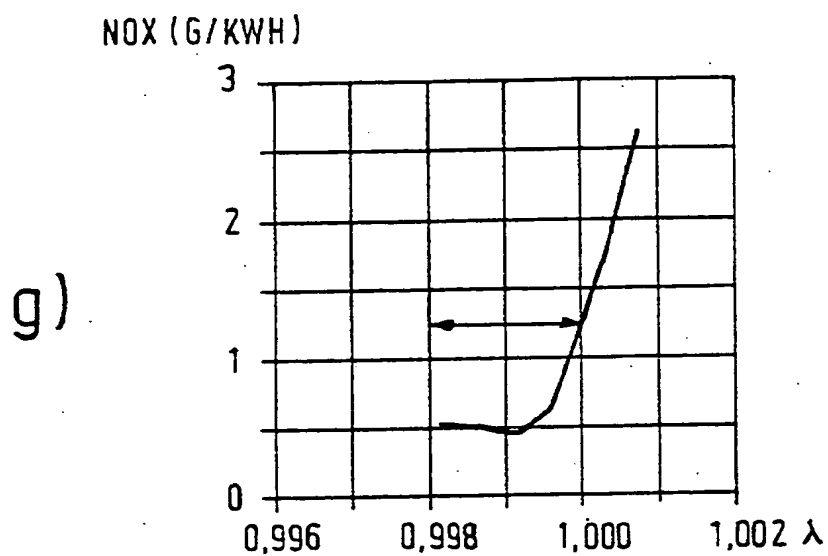


Fig. 2

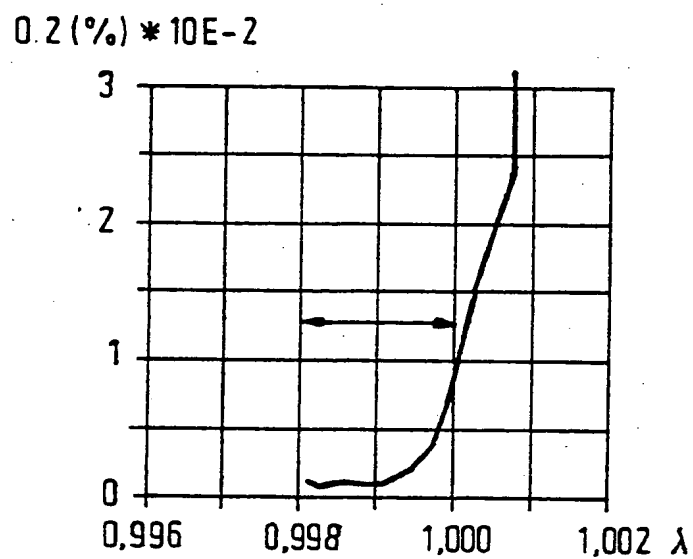
Fig. 1



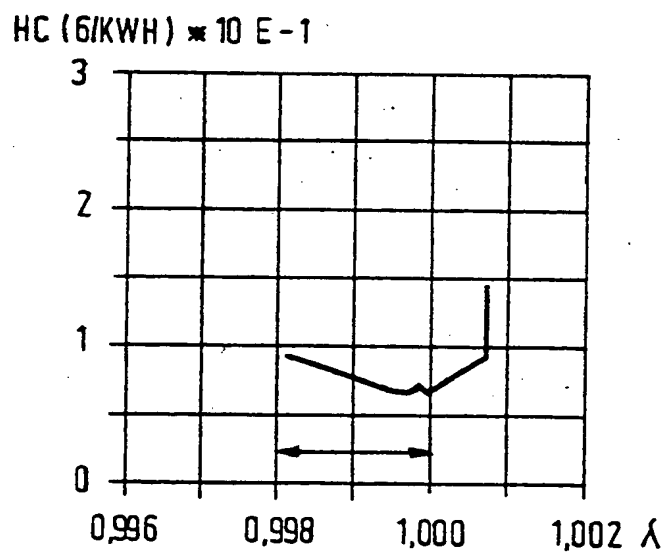
Emissionen nach Katalysator

Fig. 1

e)



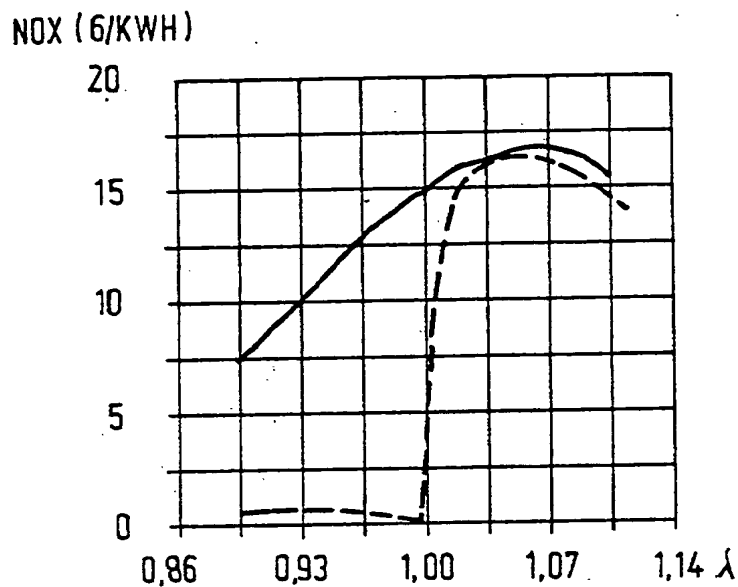
f)



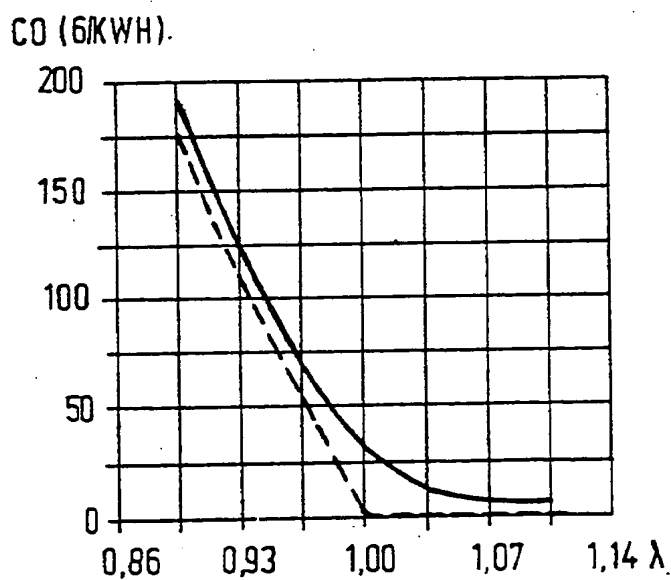
Emissionen nach Katalysator

Fig. 1

c)

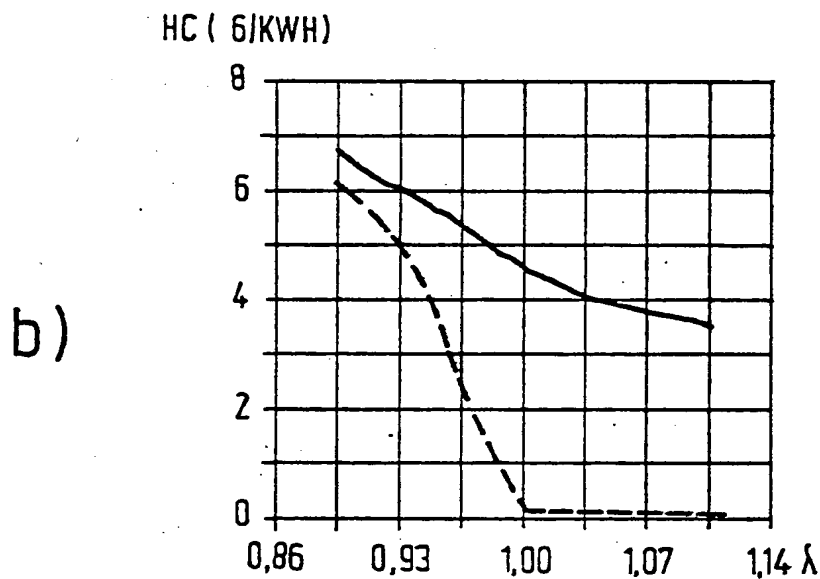
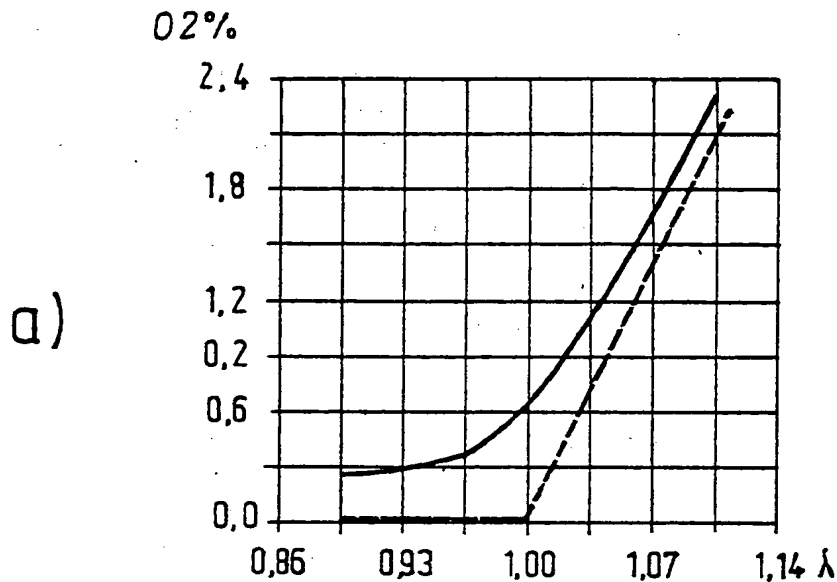


d)



— Emissionen vor Katalysator  
 --- Emissionen nach Katalysator

Fig. 1



— Emissionen vor Katalysator

--- Emissionen nach Katalysator

DOCKET NO: GROUP 20121

SERIAL NO: 101040, 116

APPLICANT: Rohel, et al

LERNER AND GREENBERG P.A. 908 133/18  
P.O. BOX 2480  
HOLLYWOOD, FLORIDA 33022  
TEL. (954) 925-1100